

III. ANALYSE DU REGIME TRANSITOIRE

A. INTRODUCTION

Ce régime correspond par exemple à la fermeture (marche ; ON) ou à l'ouverture (arrêt ; OFF) d'un interrupteur. Le signal produit à l'instant d'actionnement de l'interrupteur est appelé **échelon** ou fonction de **Heaviside**. La tension à l'entrée du circuit considéré passe soudainement de 0 V à une valeur non nulle constante ou vice-versa.

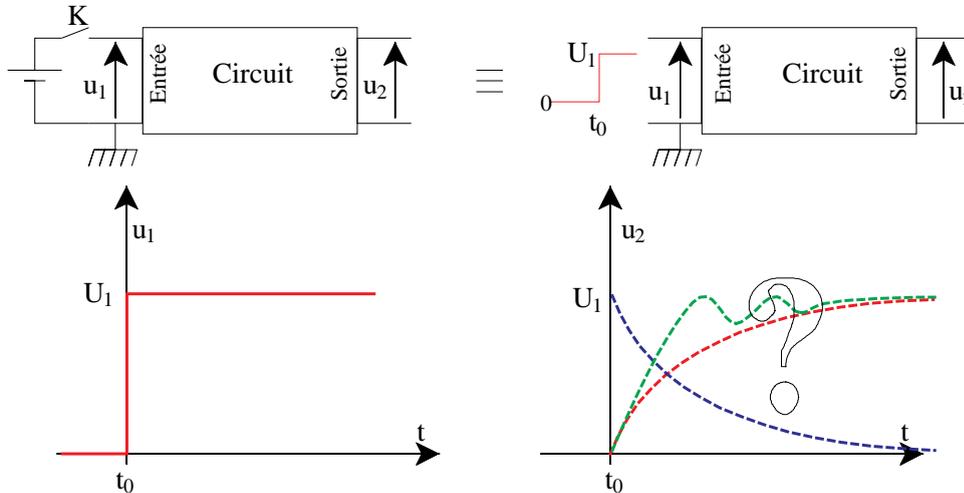
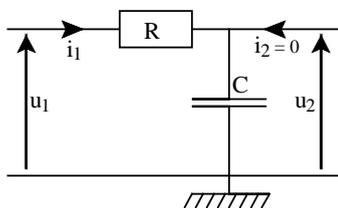


Figure 1 : quel est le comportement d'un circuit soumis à un signal transitoire ?

B. EXEMPLES FONDAMENTAUX D'ANALYSE EN REGIME TRANSITOIRE

1. TENSION transitoire aux bornes d'un condensateur



Un système d'équations se déduit de ce circuit :

- ① $u_1 = Ri_1 + u_2$ (loi aux mailles)
- ② $q = Cu_2$ (propriétés des condensateurs)
- ③ $i_1 = \frac{dq}{dt}$

Figure 2 : Circuit R-C standard

Après calcul, nous obtenons l'équation différentielle caractéristique du circuit :

$$RC \frac{du_2}{dt} + u_2 = u_1$$

a. Marche (ON) : Tension de charge du condensateur

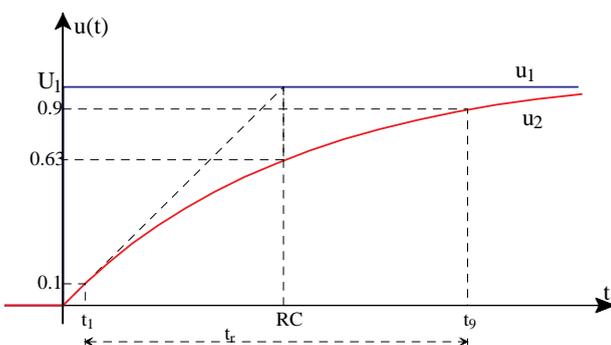


Figure 3 : Tension de charge d'un condensateur

$$t < 0 \Leftrightarrow u_1 = 0, q = 0$$

$$t > 0 \Leftrightarrow u_1 = U_1$$

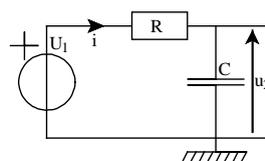


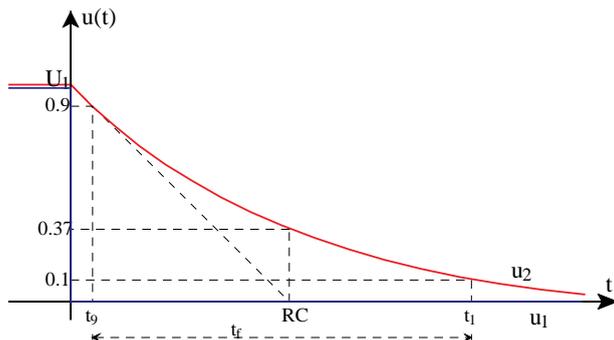
Schéma équivalent à $t > 0$

$$u_2(t) = U_1(1 - e^{-t/RC})$$

RC : Constante de temps du circuit.

$t_r = RC \ln(9)$: temps de montée (rise time)

b. Arrêt (OFF) : Tension de décharge du condensateur



$t < 0 \Leftrightarrow u_1 = U_1, q = CU_1$

$t > 0 \Leftrightarrow u_1 = 0$

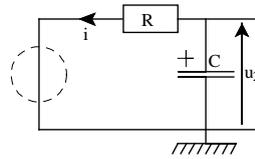


Schéma équivalent à $t > 0$

$u_2(t) = U_1 e^{-t/RC}$

RC : Constante de temps

$t_f = RC \ln(9)$: temps de descente (fall time)

Figure 4 : Tension de décharge d'un condensateur

c. Réponse à un signal carré périodique de période T

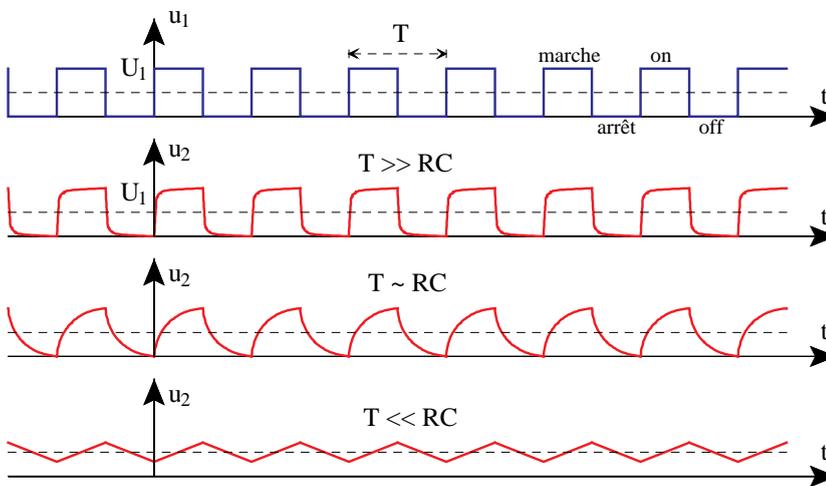


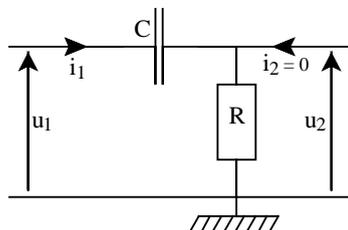
Figure 5 : L'allure du signal de sortie $u_2(t)$ dépend du rapport T/RC

BF : $T \gg RC \Rightarrow u_2(t) \sim u_1(t)$, le filtre n'a pratiquement pas d'action.

HF : $T \ll RC \Rightarrow u_2(t) \sim U_1/2$, le filtre moyenne le signal d'entrée (effet d'intégration)

BF : Basses Fréquences ou LF : Low Frequencies
 HF : Hautes Fréquences ou High Frequencies

2. COURANT transitoire à travers un condensateur



Un système d'équations se déduit de ce circuit :

- ① $u_2 = Ri_1$ (loi d'Ohm)
- ② $u_1 = \frac{q}{C} + u_2$ (loi aux mailles)
- ③ $i_1 = \frac{dq}{dt}$ (propriété de C)

Figure 6 : Circuit C-R standard

Après calcul, nous obtenons l'équation différentielle caractéristique du circuit :

$R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = u_1$ ou bien $\frac{1}{RC} \int_0^t u_2(x) dx + u_2 = u_1$

a. Marche (ON) : Courant de charge du condensateur

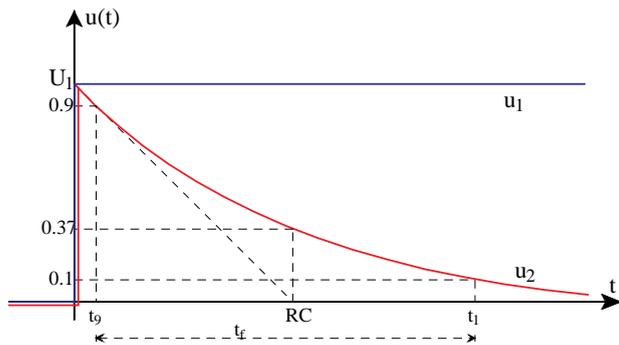


Figure 7 : Courant de charge d'un condensateur

$$t < 0 \Leftrightarrow u_1 = 0, q = 0$$

$$t > 0 \Leftrightarrow u_1 = U_1$$

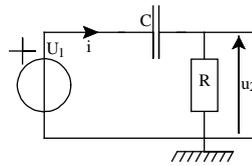


Schéma équivalent à $t > 0$

$$u_2(t) = U_1 e^{-t/RC}$$

b. Arrêt (OFF) : Courant de décharge du condensateur

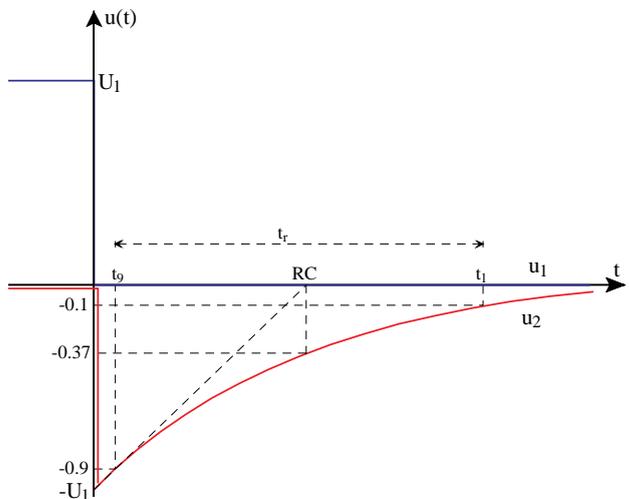


Figure 8 : Courant de décharge d'un condensateur

$$t < 0 \Leftrightarrow u_1 = U_1, q = CU_1$$

$$t > 0 \Leftrightarrow u_1 = 0$$

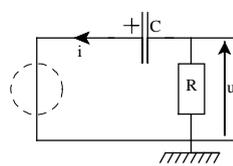


Schéma équivalent à $t > 0$

$$u_2(t) = -U_1 e^{-t/RC}$$

c. Réponse à un signal carré périodique de période T

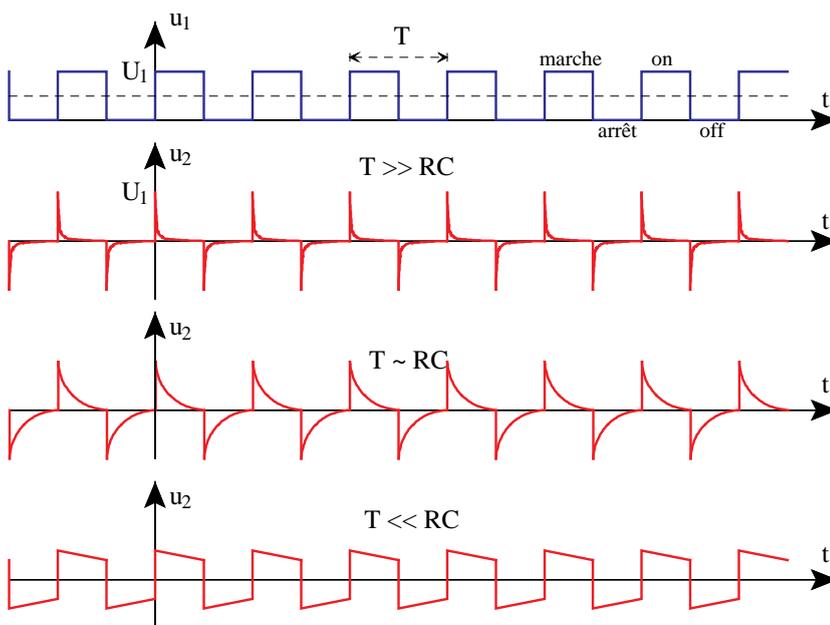
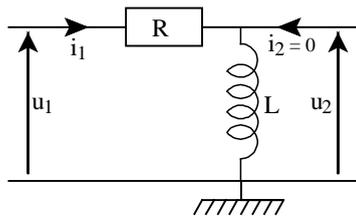


Figure 9 : L'allure du signal de sortie $u_2(t)$ dépend du rapport T/RC

BF : $T \gg RC \Rightarrow u_2(t) \sim du_1/dt$, le filtre effectue la **dérivation** du signal.

HF : $T \ll RC \Rightarrow u_2(t) \sim (u_1(t) - U_1/2)$, le filtre ramène à zéro la moyenne du signal, ce qui revient à en éliminer la composante continue

3. TENSION transitoire aux bornes d'une bobine



Un système d'équations se déduit de ce circuit :

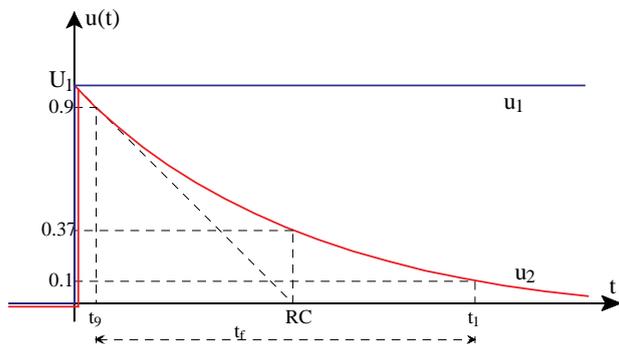
- ① $u_2 = L \frac{di_1}{dt}$ (propriété de L)
- ② $u_1 = Ri_1 + u_2$ (loi aux mailles)

Figure 10 : Circuit R-L standard

Après calcul, nous obtenons l'équation différentielle caractéristique du circuit :

$$L \frac{di_1}{dt} + Ri_1 = u_1$$

a. Marche (ON) : Tension d'établissement de la bobine



$t < 0 \Leftrightarrow u_1 = 0, i = 0$

$t > 0 \Leftrightarrow u_1 = U_1$

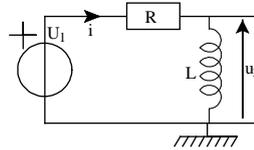
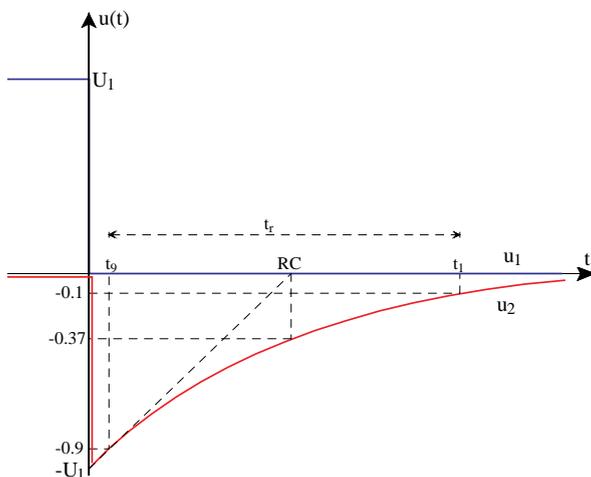


Schéma équivalent à $t > 0$

$$u_2(t) = U_1 e^{-t/RC}$$

Figure 11 : Tension d'établissement d'une bobine

b. Arrêt (OFF) : Tension de roue libre de la bobine



$t < 0 \Leftrightarrow u_1 = U_1, i = U_1/R$

$t > 0 \Leftrightarrow u_1 = 0$

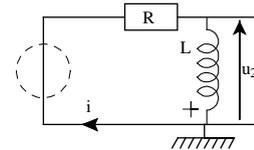


Schéma équivalent à $t > 0$

$$u_2(t) = -U_1 e^{-t/RC}$$

Figure 12 : Tension de roue libre d'une bobine

Nous constatons que le circuit RL se comporte comme le circuit CR.

4. Courant transitoire dans une bobine : faites-le vous-même

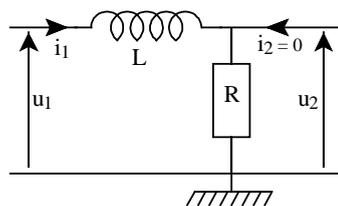


Figure 13 : Circuit L-R standard